

イネ黄化萎縮病に関する研究

糖類溶液中における *Sclerophthora macrospora* 菌
被のう胞子の発芽について*

土 倉 亮 一

Studies on the Downy Mildew of Rice Plant.
Germination of cystospores of *Sclerophthora macrospora*
in some saccharide solutions.

By

Ryoichi TOKURA

Received November 9, 1966

Abstract

The elongation of germ tube from cystospore of *Sclerophthora macrospora* in the field condition and in some saccharide solutions was observed by using uniform zoospore and cystospore suspensions prepared by filtration through tissue paper. The collection of the active zoospore by electrotaxis was not succeeded because of the plasmolysis of the spore. The elongated lengths of the germ tube in the field condition were 400μ after 10 hrs., $1001-2600\mu$ after 20-30 hrs. and over those values after 48-72 hrs. of incubation respectively. Some carbon sources (0.1 M) were tested for their ability to stimulate the elongation of germ tube on slide glass. Rapid elongation of germ tube occurred in the presence of D-glucose and D-fructose at $17.5-20.5^{\circ}\text{C}$, and their lengths were longer than in the field condition. Ethyl alcohol, D-galactose, sucrose, and D-mannose showed the same effect as in the field condition, whereas D-xylose and L-arabinose did not show any stimulatory effect. The germination percentage of cystospore was highest in the 0.1 M D-glucose and D-fructose. Characteristics of the germ tube on slide glass are summarized as follows; the germ tube usually elongated linearly or with slight bending, but sometimes swelled out roundly or branched at the apex; remarkable curvature and spiral tubes were rarely observed.

黄化萎縮病菌の遊走子については、田杉¹⁶⁾の報告をはじめとし、その走化性および寄主植物に対する行動に関して詳細な研究がなされてきた^{14, 17, 18)}。赤井ら²⁾は本菌遊走子のイネ幼芽における定着、寄主体侵入および病徴発現にいたる菌糸の組織内蔓延の経過などを解剖学的に観察して、本病の幼芽期感染機構を解明している。すなわち、これらの諸研究はおもに本菌が寄主植物体と相対した場合に、遊走子がどのように行動し、被のう胞子から生ずる発芽管がのちにどのような経過をたどるか

* 昭和41年11月日本植物病理学会関西支部において概要を発表した。

いう点において重要な意義を有するわけである。また、本菌の遊走子、被のう胞子ならびに発芽管についてはすでにその微細構造も明らかにされている⁵⁾が、一方、スライドガラス上および培地上における被のう胞子およびその発芽管の行動については未だ詳細に報告されていないようである。筆者は、本菌の純粋培養に関連する基礎的な課題として、まず、スライドガラス上の被のう胞子から生ずる発芽管の伸長過程を明らかにしたいと考え、2・3の形態的な観察を行なったのでここに報告する。本研究を行なうにあたって、種々有益な助言をたまわった京都大学教授赤井重恭博士、京都府立大学教授桂 琦一博士、京都大学助教授獅山慈孝博士、本学助教授山段 忠博士に深謝の意を表する。また本実験に協力された研究室員各位に併せて感謝の意を表する。

実験材料ならびに実験方法

本学構内の圃場に育成した黄化萎縮病罹病植物体（カモジグサ *Agropyron kamoji* OHWI, マカラスムギ *Abena sativa* L., カモガヤ *Dactylis glomerata* L. およびメヒシバ *Digitaria adscendens* HENR.）から病徴明瞭な新葉をえらんで採取し、表面にみられる既成遊走子のうを水道水で洗いおとして70%エチルアルコールに数秒間浸したのち、直ちに水道水および純水で洗浄した。これらの罹病葉を約3cmの長さに切ってあらかじめペトリ皿に準備した純水中に浸し、水温を17.5~20.5°Cに保って静置した。所定時間ののち罹病葉上に遊走子のうが形成されるのを確かめ、さらに遊走子の遊出を待って直ちにろ過洗浄を行ない、遊走子のみを含む浮遊液を調製した。ただし、自然状態における観察実験では罹病葉を浸した水溶液ならびに遊走子をスポイドでとりだして供試した。

発芽過程の観察には、ホールスライドガラス上に中央のくぼみをかこむようにガラスわく（内径26×16mm、巾5mm、深さ1.5mm）をとりつけ、くぼみには水滴をおき、これをカバーガラス（24×32mm）でおおって湿室状態になるように装置した。この装置のカバーガラスに上述の遊走子浮遊液約0.05mlを懸滴して、17.5~20.0°Cの室内で検鏡を行なった。

実験結果

1. 均一な遊走子浮遊液の調製

一般に菌類胞子の発芽試験には age あるいは成熟度の均一な胞子集団を作ることが必要である。本実験においても常に均一な遊走子浮遊液を供試することが要求される。したがって、本項では最初に遊走子、遊走子のうおよび罹病葉組織片の混合液から遊走子をろ別する方法について検討した。東

Table 1. Microscopical observation of filtrate and residue in the preparation processes of zoospore suspension (17.5—20.5°C).

Filter paper or cloth	Sheets	Filtrate			Residue		
		Zoospore	Sporangium	Plant debris	Zoospore	Sporangium	Plant debris
Toyo filter paper No. 2	1	+	—	—	+	++	+
Marketing tissue paper	1	++	+	+	—	+	+
"	2	++	+	+	—	+	+
"	3	++	—	—	—	++	+
"	4	++	—	—	—	++	+
Flannel	1	+	—	—	+	++	+
Cotton gauze	4	++	+	+	—	+	+

— : none. + : a few, ++ : many. Repeat 10 times.

洋ろ紙 No. 2, 市販のティッシュペーパー, 綿ネル布地および綿ガーゼなどを用いて, これに上記の混合液を静かに滴下し, 同時に純水を滴下した場合のろ液の内容およびペーパー上の残さを検鏡した (Table 1).

遊走子をろ別するには市販のティッシュペーパー 3~4 枚を用いて混合液をろ過する方法が適当である. 東洋ろ紙 No. 2, あるいは綿ネル布地などを用いた場合には遊走子のうおよび罹病葉組織片は全く除去することができるが, ろ液中には極めて少数の遊走子がえられるにすぎない. また, 綿ガーゼの使用は本実験の目的には適していないようである.

つぎに, 上述の方法でえられた遊走子を洗浄するために, ミリポラーフィルター (有孔, 直径 $0.6\sim 0.8\mu$) を用いて遊走子浮遊液の水を約同量の純水でおきかえた. この操作は $17.5\sim 20^\circ\text{C}$ の室内で迅速に行ない, 遊走子が活発に運動する状態を保つように留意した. 洗浄を終ったのち, 最終的には顕微鏡の 1 視野 ($\times 150$) に約 20 コの遊走子数になるような浮遊液を調製した.

2. 走電性による遊走子の採取

前項のろ過法によらないで, 遊走子の走電性を利用して活発な遊走子を多数含む浮遊液をえる方法を試験した. 装置はプラスチック製のスライド上に正方形のくぼみ ($20\times 20\text{ mm}$, 深さ 1 mm) があり, 白金電極を一边とその対辺におき, 直流電圧に接続できるものを使用した. スライド上のくぼみに遊走子および遊走子の混合液を満たして, 電極間に $1.5\sim 6\text{ V}$ の範囲の電圧をかけると, 多くの遊走子は徐々に陰極に向って集泳し, 約 15 分後には電極にそって帯状に定着する. しかし, この状態で約 30 分間静置すると, 遊走子のほとんどが被のうし, 急速に膨大し原形質吐出をおこすとともに破裂消失するものが多数みとめられた. 電圧 6 V では 1 時間以内に被のう胞子の 90% 以上が消失した. したがって, 電圧をかけてから 15 分以内に陰極に集泳した遊走子を採取することが可能であると考えられるが, このような遊走子を発芽実験に供試することが適当であるか否かについては改めて検討を要するようである.

3. 罹病葉を浸した水溶液中における被のう胞子の発芽管伸長

自然状態に近い条件で被のう胞子から生ずる発芽管の伸長過程を観察した. 罹病葉数枚を長さ約 3 cm に切ってベトリ皿に用意した純水 50 ml 中に浸して $17.5\sim 20.5^\circ\text{C}$ に保ち, 10, 20, 30, 48 および 72 時間後における被のう胞子の発芽管長を調査した. 実験は 5 回反復し, 各時間に約 20 個体を測定して, それぞれの発芽管長に該当する個体数を集計した (Table 2).

時間の経過とともに発芽管の長く伸びたものが増加するようであるが, 発芽管長 400μ までの範囲では各時間における

Table 2. Rate of germ tube elongation of cystospore of *Sclerophthora macrospora* in the field condition^a at $17.5\sim 20.5^\circ\text{C}$.

Length of germ tube (μ)	Number of cystospores and germinating spores ^b				
	10	20	30	48	72 (hrs.)
0	3515	2667	1575	1108	1131
1~ 100	30	32	45	36	36
101~ 200	44	28	21	24	26
201~ 300	13	12	7	17	17
301~ 400	11	9	14	13	13
401~ 500	2	5	5	1	7
501~ 600	0	5	4	3	1
601~ 700	0	3	3	5	0
701~ 800	0	0	2	1	—
801~ 900	0	0	1	—	—
1001~ 1200	0	2	1	—	—
1701~ 1800	0	3	1	—	—
1801~ 1900	0	1	0	—	—
2501~ 2600	0	0	1	—	—
Germination %	2.8	3.6	6.2	8.3	8.1

a : Affected leaves were dipped in water.

b : Total numbers of repeat 5 times.

それぞれの該当数に変動が少ない。すなわち、発芽管長 200μ までのものは10~72時間のいずれにおいても約65%を占め、 $201\sim400\mu$ のものが約25%を占めている。 401μ 以上に達するものが少ないことから、発芽管伸長を停止するものがあるのではないかとすることも考えられる。しかし、20~30時間内に測定した個体数205コのうち28個体の発芽管長が $401\sim900\mu$ に達するようであり、さらに9個体の発芽管長は $1001\sim2600\mu$ の伸びを示すことがみとめられた。48時間以上では発芽管長 2601μ 以上におよぶものがあるが、発芽管がからまり測定は困難であった。被のう胞子の発芽率は2.8~8.3%の範囲をこえることがなく、いずれも著しく低いようである。

4. 糖類溶液中における被のう胞子の発芽管伸長

供試した糖類はグルコース、フルクトース、ガラクトース、マンノース、アラビノース、しょ糖、キシロースおよびエチルアルコールの8種で、いずれも0.1M水溶液として使用した。ほかに罹病葉を浸した水溶液を自然状態の区として設け、対照区には蒸留水を使用した。遊走子浮遊液に上記の糖類溶液を添加し、これを前述のスライドグラスに装置したカバーグラスに懸滴して遊走子が被のうするのを待った。発芽管が約 2μ 程度に出現した時から測定を開始し、10分おきに60分までそれぞれの伸長量を比較した。また、発芽管が 50μ および 100μ に達した時からそののちの伸長量についても同様に測定した (Table 3)。なお、ほかに *Phytophthora capsici* 菌を供試して同菌被のう胞子のグルコースおよび蒸留水中における発芽管の伸長量を測定し、本菌の場合と比較した。

発芽直後から測定した場合に、発芽管の伸長量はグルコースおよびフルクトース液においてもっと

Table 3. Effect of various carbon sources on germ tube elongation of cystospores at 17.5~20.5°C.

Carbon sources (0.1M)	Length of germ tube (μ)							Mean values ^a of elongation in every 10 minute
	(Minute)							
	Initial	10	20	30	40	50	60	
D-Glucose	2	35	69	100	131	163	194	32.0
D-Fructose		33	63	89	120	152	181	29.8
Ethyl alcohol		26	61	85	112	131	153	25.2
D-Galactose		24	56	83	108	124	144	23.7
Sucrose		13	43	70	95	122	142	23.3
D-Mannose		13	38	59	81	104	126	20.7
D-Xylose		15	31	46	65	88	111	18.2
L-Arabinose		14	29	38	48	61	73	11.8
Field condition ^b		18	41	68	93	117	138	22.7
Water		13	25	36	44	49	54	8.9
D-Glucose	50	85	112	140	179	204	242	32.0
D-Fructose		75	111	138	174	200	233	30.5
Ethyl alcohol		74	105	135	163	197	216	27.7
D-Galactose		72	105	130	151	188	213	27.1
Sucrose		69	95	113	138	168	189	23.1
D-Mannose		66	87	112	135	158	180	21.7
D-Xylose		66	89	112	137	147	156	17.7
L-Arabinose		64	81	93	107	119	132	13.7
Field condition ^b		67	91	123	145	182	207	26.1
Water		58	68	74	82	90	101	8.5

D-Glucose	100	128	161	192	223	256	294	32.3
D-Fructose		126	160	189	213	243	269	28.2
Ethyl alcohol		124	151	177	208	235	254	25.7
D-Galactose		121	150	175	194	210	230	21.7
Sucrose		120	146	173	198	211	231	21.8
D-Mannose		118	138	158	180	202	226	21.0
D-Xylose		117	141	160	177	199	221	20.1
L-Arabinose		113	125	135	153	168	177	12.8
Field condition ^b		123	142	161	182	206	222	20.3
Water		111	121	129	139	151	160	10.0

a : Mean value of 30 spores.

b : Affected leaves were dipped in water.

もすぐれており、60分間に平均 192 μ および 179 μ で、その間の10分間毎の平均伸長量は 32.0 μ および 29.8 μ であり、ほぼ直線的な伸びを示している。ついでエチルアルコール、ガラクトース、ショ糖液において良好であるが、自然状態の水溶液における場合と同程度の伸長がみられる。マンノース、キシロース液ではやや劣っており、アラビノース液中では直線的な伸長を示さないことがある。蒸留水区の発芽直後からの測定では30分をすぎる頃から伸長が極めて緩慢となる。

発芽管が 50 μ および 100 μ に達した時からのちの伸長を60分間測定した場合においても上記とほぼ同様の傾向がみとめられた。

比較に用いた *P. capsici* 菌被のう胞子の発芽管の伸長量は60分間にグルコース液で平均 30 μ 、蒸留水区で 18 μ 程度である。

以上のことから、本菌被のう胞子の発芽管の伸長には供試糖類が多少とも利用されているようであり、発芽直後から約 300 μ 程度まで平均した伸びを示し、かつ、伸長度は極めて急速であるように思われる。

5. 糖類溶液中における被のう胞子の発芽率

前項の実験の糖類溶液中における被のう胞子の発芽率を測定し、それが発芽管伸長の良否とどのような関係にあるかについて検討した (Table 4)。

Table 4. Relation between germination and germ tube elongation of cystospores in 0.1 M solution of various carbon sources at 17.5—20.5°C.

Carbon sources	Germination (%, 3hr)			Length of germ tube (μ , 1hr)		
	Extent	Average	Order	Extent	Average	Order
D-Glucose	38.5~76.2	55.8	1	192~194	193	1
D-Fructose	29.6~71.6	52.3	2	169~183	177	2
D-Xylose	14.6~58.2	33.1	3	111~121	112	8
D-Galactose	16.1~55.6	32.4	4	130~163	145	4
D-Mannose	14.5~53.3	31.9	5	124~130	127	7
D-Arabinose	14.1~44.8	26.9	7	71~81	77	9
Sucrose	12.0~38.4	20.8	8	131~140	137	6
Ethyl alcohol	7.7~42.9	20.8	9	151~166	157	3
Field condition ^a	1.8~36.6	14.4	10	122~157	138	5
Water	25.7~60.1	31.1	6	51~60	55	10

a : Reffer to Table 3.

供試被のう胞子の発芽率は、グルコース液で38.5~76.2%の範囲にあり、平均55.8%、フルクトース液で29.6~71.6%の範囲、平均52.3%を示しており、これらの発芽率はかなり良好といえる。これに対して、ガラクトース、マンノース、アラビノース、キシロース液では蒸留水区の場合とほとんど差をつけ難く、しょ糖、エチルアルコール、自然状態の水溶液などにおける発芽率は著しく低い。発芽率の良否と発芽管伸長の順位とは、グルコースおよびフルクトース液を除くほかの糖類ではほとんど一致していない。

6. 被のう胞子から生ずる発芽管の形態

スライドガラス上における本菌の遊走子、被のう胞子およびそれから生ずる発芽管の種々の形態について観察し、これらを模式的にまとめた (Fig. 1)。

被のう胞子から生じた発芽管は一般に直線状に伸長するか、やや折れ曲る場合が多いが、発芽管の先端部が円形のふくらみを生ずるもの、著しく彎曲するもの、らせん状を呈するもの、のちに分岐す

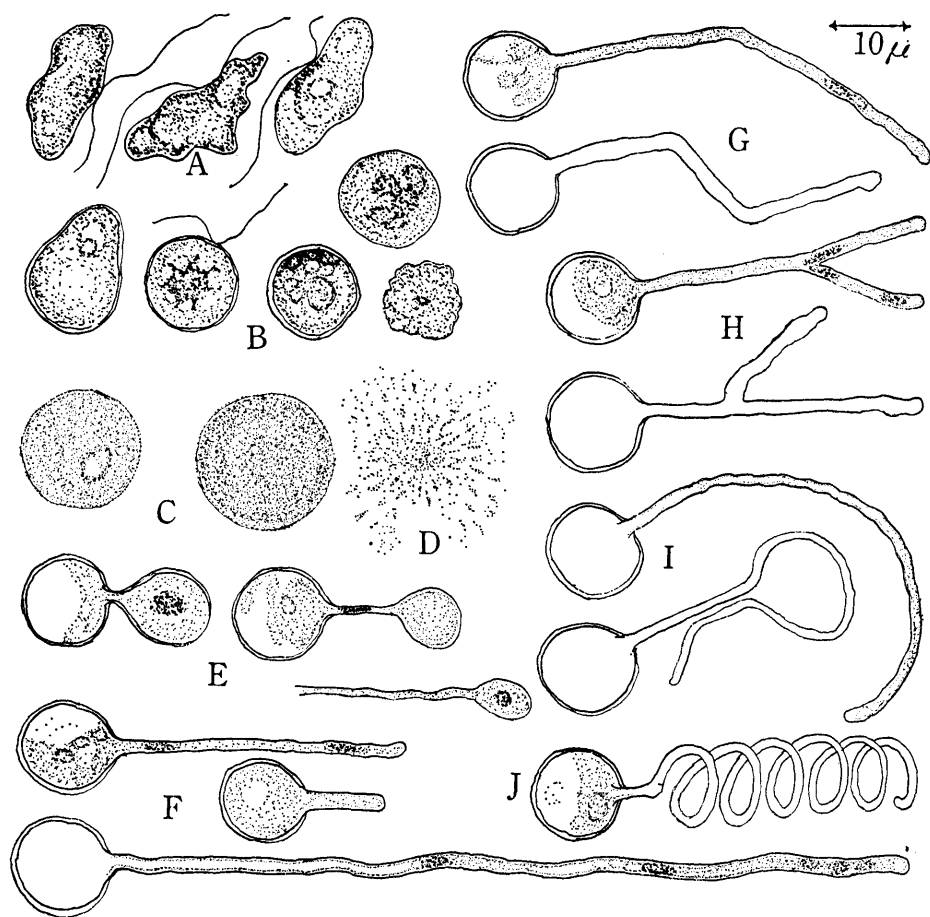


Fig. 1. Schematic illustration of zoospores, germinating cystospores and germ tubes in *Sclerophthora macrospora*.

(A) Zoospores, (B) Cystospores, (C) Swelling, (D) Plasmoptysis, (E-J) Germ tubes: (E) Swell out roundly, (F) Linear, (G) Slight bending, (H) Branching, (I) Remarkable curvature, (J) Spiral.

るものなどが観察された。発芽管の太さはまったく一様とはいえないが、平均直径 $1.2\sim 2.4\mu$ の範囲にある。付着器の形態についてはとくに変化をみとめなかった。また、被のう胞子が原形質吐出をおこすことはしばしばみられたが、遊走子も遊泳中に破裂消失するようである。

考 察

糸状菌胞子の同調化に関してはすでに詳細な実験報告がある^{11,13,15,20)}が、本菌の遊走子のうおよび遊走子を供試する実験には、従来から罹病植物体の新葉を採取して充分水洗したのち、これを水中に浸して新しい遊走子のうおよび遊走子を形成させる方法¹⁾が常用されている。本菌遊走子のうの形成および発芽が罹病葉を $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ の水中に浸してから $3\sim 6$ 時間ののちに集中的に開始される場合¹⁹⁾には、この時点で採取した遊走子のう集団はある程度同調胞子と考えてよいようである。しかし、罹病植物材料が異なれば遊走子のう形成の peak が $5\sim 20$ 時間にわたって続くことがある⁶⁾。したがって、厳密に遊走子のうの成熟度を規定することに関してはなお多くの問題があると思われる。一方、遊走子についてみると、3時間で形成された遊走子のうが一斉に間接発芽を開始するとは限らず、6時間で形成されたものについても同様のことが考えられる。すなわち、罹病葉を浸した水溶液内では、age の異なる遊走子のうあるいは成熟度を異にした遊走子および被のう胞子がまったく不均一に混合する機会が短時間におこることになる。スライドグラス上で発芽管の伸長を観察する際に供試する遊走子浮遊液には遊走子のうや罹病葉組織片が混入しないことが必要であり、かつ上述の不備をさけることがのぞましい。そのためには、所定の時間に遊走子のうをとり出して間接発芽をおこさせながら市販のティシュペーパー $3\sim 4$ 枚を通して遊走子をろ液にみちびく方法が適当である。ティシュペーパーの使用は疫病菌の遊走子懸液を調製する場合にも適しているようである⁷⁾。一般に胞子の発芽実験には充分に洗浄した胞子を供試しないと、夾雑物の影響で誤った結論を招来する³⁾。本菌の遊走子は乾燥すると数分で死滅する¹⁷⁾ので常に水中におく必要があり、また、遊走子のべん毛およびその運動が阻害されないように操作することが肝要である。これらのことがらに留意して本実験における洗浄はろ過した遊走子浮遊液の水を同量の純水で交換する程度に止めた。走電性を利用して活発な遊走子を集めることを試みたが、著しい原形質吐出がみとめられた。恐らく胞子膜の透過性になんらかの変化を生ずるためではないかと考えられる。

発芽管長の測定には、まず、自然状態に近い条件で種々の age を有する被のう胞子集団を供試した。罹病葉を水に浸して 10 時間後には発芽管長 400μ までのものが多く、 $20\sim 30$ 時間では $1001\sim 2600\mu$ に達するものがあり、48 時間以上では測定が困難な程度に発芽管がからみあうのがみとめられた。各時間において発芽管長 400μ までのものが極めて多いことは、発芽管の伸長が停止するためではないかと考えられるが、かなり長くまで伸長可能なものもあるので、これらの問題を追試することにした。寄主植物体の成分と胞子発芽管の伸長に関して、Kosuge ら⁹⁾によれば *Botrytis cinerea* 菌分生胞子の発芽管伸長はブドウ果実の洗浄液中において促進され、4 時間に $45\sim 60\mu$ の伸びを示すが、蒸留水中においては 12μ である。Mathre ら¹⁰⁾によると、*Thielaviopsis basicola* 菌の厚膜胞子の発芽管伸長はワタの根の抽出物を添加した溶液中で 12 時間に 115μ 、グルコース 2% 溶液中で 49μ 、蒸留水中で 4μ の伸びを示すことが報告されている。罹病葉を浸した水溶液には多少とも植物体の成分が溶出するが、それらが本菌の被のう胞子の発芽管伸長に対して有効であるかどうかをしらべる必要がある。したがって、発芽管伸長におよぼす要因の一つとしてまず、糖類添加の影響をしらべることにした。

内藤ら¹²⁾によれば、エンパク冠さび病菌 (*Puccinia coronata*) 夏胞子の発芽管伸長は、グルコー

ス、アラビノースおよびキシロースにおいて著しく低い。また、河野⁸⁾はグルコース、キシロースおよびフルクトースなどの単糖類が同菌夏胞子の発芽および発芽管伸長を阻害することをのべている。本菌被のう胞子の発芽管伸長はグルコースおよびフルクトース液において10分間にそれぞれ32.0～32.3 μ 、28.2～30.5 μ であり、蒸留水区の8.5～10.0 μ および自然状態の水溶液における20.3～26.1 μ などと比較すれば明らかに上記糖類による促進効果がみられた。また、エチルアルコール、ガラクトース、しょ糖などを添加した場合にも自然状態の水溶液における値に近い発芽管伸長がみとめられた。蒸留水区における発芽管伸長はもっとも不良であるが、最高160 μ 以上に達するものを観察しており、被のう胞子が発芽初期には自己の貯蔵物質を利用するとしても、そののちの発芽管伸長には外部から摂取する物質が存在しなければならないはずである。このことは供試遊走子の水洗が不充分であるか、あるいは発芽しない被のう胞子が原形質吐出し、その成分が水中に溶出して発芽管の伸長に利用されているのではないかと考えられる。なお、本実験の糖類溶液または蒸留水区において発芽管の伸長を停止する個体がみられたが、それらの原因については明らかではない。

遠山ら¹⁸⁾が本菌被のう胞子の発芽と実験前の遊走子濃度との関係をスライドグラス上において調査した結果によれば、河水1 ml中の遊走子数が275コるとき被のう胞子の発芽率は91.5%、27.5コるとき68.8%、13.8コるとき78.0%であるが、8.1コ以下では発芽率は極めて不良である。すなわち、被のう胞子の発芽にはその密度も重要な要因となることを示している。筆者の実験には遊走子の濃度を1視野($\times 150$)に20コとした浮遊液を供試したが、発芽率は蒸留水区25.7～60.1%、自然状態の水溶液で1.8～36.6%となり、変動が大きいようである。この原因として、遊走子浮遊液をカバーグラスに懸滴すると遊走子は被のうが近づくにしたがって互に寄り集まって定着することがあり、1視野に30～50コの被のう胞子を数える場合がおこることによるものと考えられる。

スライドグラス上において伸長した発芽管の形態は、イネ幼芽の前りんおよび芽りに侵入する被のう胞子の発芽管および侵入菌糸についての記載²⁾と比較してかなり類似しているようであるが、そののちの寄主体内における形態とはやや異なるようである。スライドグラス上で発芽管が著しく彎曲する場合に、それがTrophism⁴⁾によって作用されるのかどうかは明らかでない。本実験において発芽管と称したものは、その伸長を観察した範囲ではかなり長く菌糸状に伸びたものまで含めているわけであるが、それらは恐らくすでに栄養細胞へ移行した状態にあるのではないかと推察される。

摘 要

自然状態および糖類溶液中において、*Sclerophthora macrospora* 菌の被のう胞子から生ずる発芽管の伸長を観察した。均一な遊走子および被のう胞子の浮遊液はティッシュペーパーを用いるろ過法によって調製した。走電性の利用による活発な遊走子の採取は胞子が原形質吐出をおこすので成功しなかった。罹病葉を水に浸した自然状態における発芽管の伸長は、10時間後に400 μ 、20～30時間後に1001～2600 μ 、48～72時間後にはそれ以上に長く伸長することがわかった。スライドグラス上(17.5～20.5°C)で糖類が発芽管の伸長を促進させるか否かを試験した結果、グルコースおよびフルクトース液において発芽管の伸長が速やかである。エチルアルコール、ガラクトース、しょ糖、マンノース液においては自然状態と同程度の伸長効果がみられるが、キシロース、アラビノース液では劣る。グルコースおよびフルクトース液においては被のう胞子の発芽率も良好である。発芽管の形態は、通常直線状かまたはやや折れ曲るが、時には先端が円くふくらんだり分岐したりする、著しく彎曲するものやらせん状を呈するものもまれにみとめられた。

引用文献

- 1) 赤井重恭・福富雅夫・土倉亮一 (1959). 病虫害発生予察特報 3 : 1—6.
- 2) 赤井重恭・福富雅夫 (1964). Ibid. 17 : 47—54.
- 3) 天羽幹夫 (1960). 微生物生理学 (植村定次郎他編), 東京. pp. 308.
- 4) Cochrane, V. W. (1958). Physiology of fungi, John Wiley and Sons, Inc. New York, p389—392.
- 5) 福富雅夫・赤井重恭 (1966). 日菌学報 7 : 199—207.
- 6) 桂 琦一・土倉亮一・古家民生 (1954). 西京大学報, 農 6 : 49—66.
- 7) 桂 琦一・正子 朔・宮田善雄 (1966). 日植病報 32 : 215—220.
- 8) 河野明綱 (1965). Ibid. 30 : 124—130.
- 9) Kosuge, T. and Wm. B. Hewitt (1964). Phytopathology 54 : 167—172.
- 10) Mathre, D. E. and A. V. Ravenscroft (1966). Ibid. 56 : 337—342.
- 11) 松浦一穂 (1965). 日植病報 30 : 266. (講演要旨)
- 12) 内藤中人・谷 利一・奥村良松 (1960). 香川大農学報 12 : 84—92.
- 13) 内藤中人・谷 利一 (1966). 日植病報 32 : 26—33.
- 14) 高津 覚・遠山 明 (1959). 病虫害発生予察特報 3 : 7—13.
- 15) 田中寛康・赤井重恭 (1963). 日植病報 28 : 64—65. (講演要旨)
- 16) 田杉平司 (1931). Ibid. 2 : 378—379.
- 17) 田杉平司 (1953). 農技研報 C 2 : 1—46.
- 18) 遠山 明・高津 覚 (1964). 病虫害発生予察特報 17 : 74—80.
- 19) 山仲 巖・河合利雄 (1964). Ibid. 65—73.
- 20) 柳田友道 (1961). 蛋白質・核酸・酵素 6 : 140—150.